

Requested Patent: JP10233358A
Title: SCANNING ALIGNER ;
Abstracted Patent: JP10233358 ;
Publication Date: 1998-09-02 ;
Inventor(s): KAWAI HIDEMI ;
Applicant(s): NIKON CORP ;
Application Number: JP19970050881 19970219 ;
Priority Number(s): ;
IPC Classification: H01L21/027; G03F7/20 ;
Equivalents: ;

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a scanning aligner enabling improvement of throughput and precise keeping of alignment accuracy.
SOLUTION: In a main control unit 20, positions of wafer marks of sample shots on a wafer W are measured using a microscope 8 and an interferometer 18, and magnification components of XY axes of each sample shot are calculated on the basis of the data, and all shot array coordinates are calculated with statistical computation on the basis of position data and design data of the wafer marks, and the distribution of the magnification components of XY axes of each shot area are calculated with statistical computation on the basis of values of the magnification components of XY axes. In the main control unit 20, at scanning exposure, at least one of a scanning speed and a magnification of projection optical PL is controlled according to the calculated result to precisely align a projected image of a reticle R pattern with a shot pattern expanding or contracting along XY axes.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-233358

(43)公開日 平成10年(1998)9月2日

(51)Int.Cl.⁶

H 01 L 21/027

G 03 F 7/20

識別記号

521

F I

H 01 L 21/30

G 03 F 7/20

518

521

審査請求 未請求 請求項の数3 FD (全18頁)

(21)出願番号

特願平9-50881

(22)出願日

平成9年(1997)2月19日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 川井 秀実

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

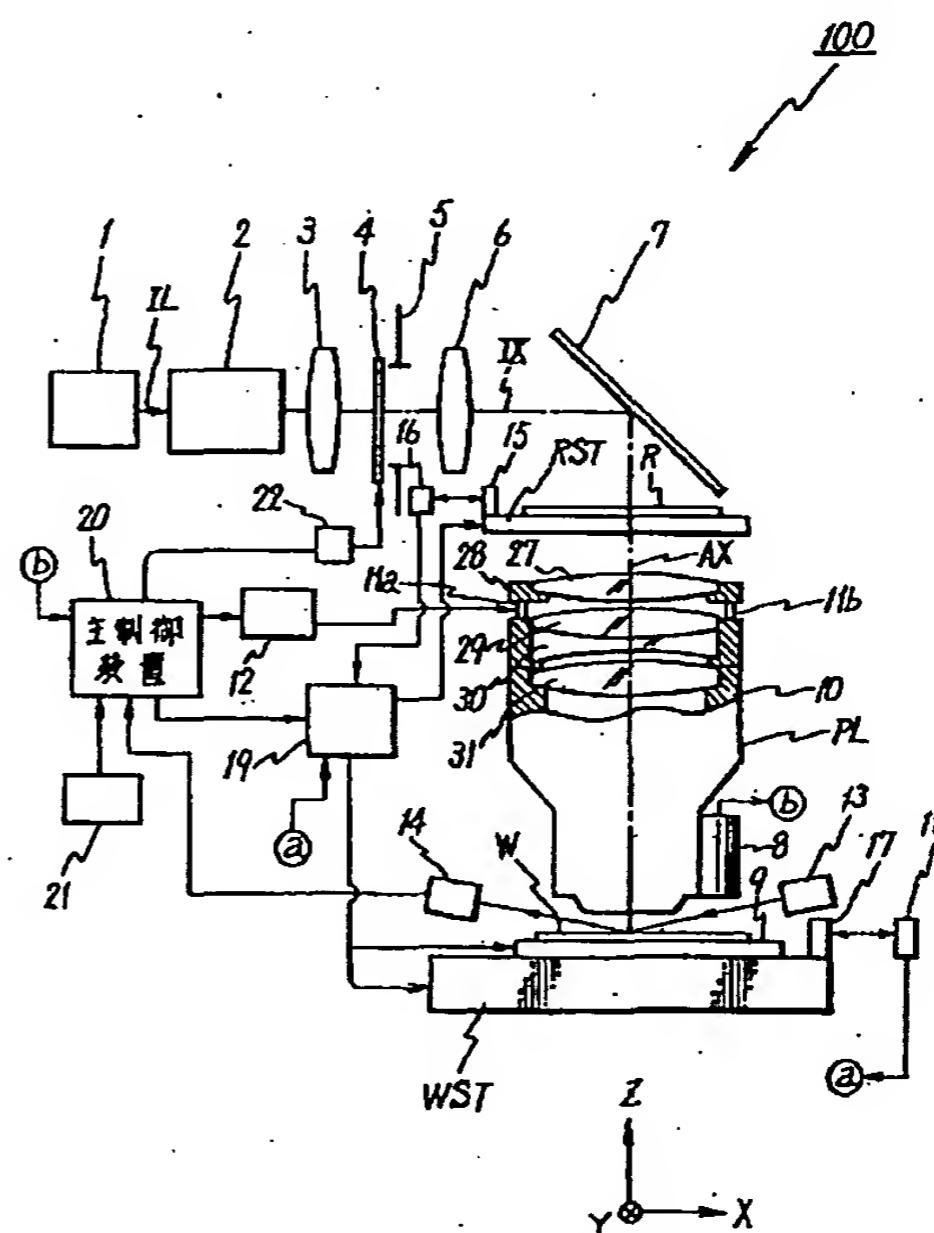
(74)代理人 弁理士 立石 篤司 (外1名)

(54)【発明の名称】走査型露光装置

(57)【要約】

【課題】スループットの向上を図ることができるとともに重ね合わせ精度を高精度に維持できる走査型露光装置を提供する。

【解決手段】主制御装置20では顕微鏡8と干渉計18とを用いてウエハW上のサンプルショットのウエハマークの位置を計測し、このデータを基に各サンプルショットのXY2軸方向の倍率成分を計算し、ウエハマークの位置データと設計データとに基づいて統計演算にて全てのショット配列座標を計算し、XY2軸方向の倍率成分の値を基に統計演算にて各ショット領域のXY2軸方向の倍率成分の分布を算出する。主制御装置20では、走査露光の際に算出結果に応じて、走査速度又は投影光学系PLの倍率の少なくとも一方を調整して、X、Y2軸方向に伸縮したショットのパターンにレチクルRのパターンの投影像を正確に重ね合わせる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 照明光で照明された所定の照明領域に対して転写用のパターンが形成されたマスクを所定の方向に走査し、これと同期して前記所定の照明領域と共に露光領域に対して所定の方向に感光性の基板を走査しつつ、前記マスクのパターンの像を逐次前記基板上に投影露光する走査型露光装置であって、
前記マスク上の所定の照明領域を照明する照明光学系と；前記マスクを搭載して少なくとも所定の走査方向に移動するマスクステージと；前記所定の照明領域内の前記マスクのパターンの像を前記基板上に結像する投影光学系と；前記基板を搭載して少なくとも所定の走査方向を含む直交2軸方向に移動する基板ステージと；前記マスクステージによる前記マスクの走査速度と前記基板ステージによる基板の走査速度との相対走査速度を調整する相対速度調整手段と；前記投影光学系による投影倍率を調整する倍率調整手段と；前記基板上の複数のショット領域に付設された計測用マークを検出するマーク検出手段と；前記基板ステージの位置を計測する位置計測手段と；前記マーク検出手段と位置計測手段とを用いて前記基板上の特定の複数ショット領域に付設された複数の位置計測マークの位置を計測するアライメント計測手段と；前記計測された前記複数の位置計測マークの位置データに基づいて前記特定のショット領域についてショット領域毎の所定の直交2軸方向の倍率成分を計算し、前記複数の位置計測マークの位置データと設計データとに基づいて統計演算にて前記基板上の全てのショット配列座標を計算するとともに、前記特定のショット領域の所定の直交2軸方向の倍率成分の値を基に統計演算にて基板上の各ショット領域の前記直交2軸方向の倍率成分の分布を算出する演算手段と；走査露光の際に前記演算手段の算出結果に応じて、前記相対速度調整手段及び倍率調整手段の少なくも一方を用いてショット領域毎に回転成分、直交成分の補正を行う補正手段とを有する走査型露光装置。

【請求項2】 照明光で照明された所定の照明領域に対して転写用のパターンが形成されたマスクを所定の方向に走査し、これと同期して前記所定の照明領域と共に露光領域に対して所定の方向に感光性の基板を走査しつつ、前記マスクのパターンの像を逐次前記基板上に投影露光する走査型露光装置であって、
前記マスク上の所定の照明領域を照明する照明光学系と；前記マスクを搭載して少なくとも所定の走査方向に移動するマスクステージと；前記所定の照明領域内の前記マスクのパターンの像を前記基板上に結像する投影光学系と；前記基板を搭載して少なくとも所定の走査方向を含む直交2軸方向に移動する基板ステージと；前記マスクと前記基板との相対角度を調整する相対角度設定手段と；前記投影光学系による投影像の歪みを補正する結像特性補正手段と；前記基板上の複数のショット領域に付設された計測用マークを検出するマーク検出手段と；

前記基板ステージの位置を計測する位置計測手段と；前記マーク検出手段と位置計測手段とを用いて前記基板上の特定の複数ショット領域に付設された複数の位置計測マークの位置を計測するアライメント計測手段と；前記計測された前記複数の位置計測マークの位置データに基づいて前記特定のショット領域についてショット領域毎の所定の直交2軸方向の台形成分を計算し、前記複数の位置計測マークの位置データと設計データとに基づいて統計演算にて前記基板上の全てのショット配列座標を計算するとともに、前記特定のショット領域の前記直交2軸方向の台形成分の値をもとに統計演算にて基板上の各ショット領域の台形成分の分布を算出する演算手段と；前記演算手段の算出結果に応じて、走査露光中に、前記相対角度設定手段及び結像特性補正手段の少なくとも一方を用いて、前記マスクと前記基板との相対角度及び前記投影光学系の投影倍率の少なくとも一方を連続的に変

度を変化させる相対角度制御手段と；前記基板上の複数のショット領域に付設された計測用マークを検出するマーク検出手段と；前記基板ステージの位置を計測する位置計測手段と；前記マーク検出手段と位置計測手段とを用いて前記基板上の特定の複数ショット領域に付設された複数の位置計測マークの位置を計測するアライメント計測手段と；前記計測された前記複数の位置計測マークの位置データに基づいて前記特定のショット領域についてショット領域毎の回転成分、直交成分を計算し、前記複数の位置計測マークの位置データと設計データとに基づいて統計演算にて前記基板上の全てのショット配列座標を計算するとともに、前記特定のショット領域の回転成分、直交成分の値を基に統計演算にて基板上の各ショット領域の回転成分、直交成分の分布を算出する演算手段と；走査露光の際に前記演算手段の算出結果に応じて、相対角度設定手段及び相対角度制御手段の少なくも一方を用いてショット領域毎に回転成分、直交成分の補正を行う補正手段とを有する走査型露光装置。

【請求項3】 照明光で照明された所定の照明領域に対して転写用のパターンが形成されたマスクを所定の方向に走査し、これと同期して前記所定の照明領域と共に露光領域に対して所定の方向に感光性の基板を走査しつつ、前記マスクのパターンの像を逐次前記基板上に投影露光する走査型露光装置であって、
前記マスク上の所定の照明領域を照明する照明光学系と；前記マスクを搭載して少なくとも所定の走査方向に移動するマスクステージと；前記所定の照明領域内の前記マスクのパターンの像を前記基板上に結像する投影光学系と；前記基板を搭載して少なくとも所定の走査方向を含む直交2軸方向に移動する基板ステージと；前記マスクと前記基板との相対角度を調整する相対角度設定手段と；前記投影光学系による投影像の歪みを補正する結像特性補正手段と；前記基板上の複数のショット領域に付設された計測用マークを検出するマーク検出手段と；

前記基板ステージの位置を計測する位置計測手段と；前記マーク検出手段と位置計測手段とを用いて前記基板上の特定の複数ショット領域に付設された複数の位置計測マークの位置を計測するアライメント計測手段と；前記計測された前記複数の位置計測マークの位置データに基づいて前記特定のショット領域についてショット領域毎の所定の直交2軸方向の台形成分を計算し、前記複数の位置計測マークの位置データと設計データとに基づいて統計演算にて前記基板上の全てのショット配列座標を計算するとともに、前記特定のショット領域の前記直交2軸方向の台形成分の値をもとに統計演算にて基板上の各ショット領域の台形成分の分布を算出する演算手段と；前記演算手段の算出結果に応じて、走査露光中に、前記相対角度設定手段及び結像特性補正手段の少なくとも一方を用いて、前記マスクと前記基板との相対角度及び前記投影光学系の投影倍率の少なくとも一方を連続的に変

化させることにより、前記基板上の各ショット領域毎に前記台形成分の補正を行なう補正手段とを有する走査型露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、走査型露光装置に係り、更に詳しくは、半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に、マスク及び感光性の基板を同期して走査しながらそのマスクのパターンを逐次その基板上に投影露光する、所謂スリットスキャン、ステップ・アンド・スキャン方式等の走査型露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に、フォトマスク又はレチクル（以下、まとめて「レチクル」という）のパターン像を、投影光学系を介してフォトレジスト等が塗布された基板（ウエハ又はガラスプレート等）上に投影露光する投影露光装置が使用されている。かかる投影露光装置においては、前回の露光及びプロセス処理により形成されたウエハ等の基板上のチップパターンに対して、今回露光するレチクルのパターンを露光フィールド全域に亘って正確に重ね合わせて露光を行うこと、即ち重ね合わせ精度を高精度に維持して露光を行うことが要求されている。

【0003】この重ね合わせ精度を悪化させる要因の中には、投影露光装置の投影光学系が持つ投影像の歪みがある。特に1枚の基板上の各レイヤの回路パターンを異なる投影露光装置を用いて形成する際に、投影露光装置間の投影像の歪みが異なると重ね合わせ誤差が生ずる。また、その基板がプロセス処理による加熱等で歪み、これに伴い前回露光したパターンも歪むことが有り得るが、この場合のパターンの歪みも、結果的に前回使用した投影露光装置による投影像の歪みと同じような歪みとなる。

【0004】これに関して、従来の投影露光装置としては、感光基板上の露光フィールド全体にレチクルのパターンを一括して縮小投影する一括露光方式（又は、「フル・フィールド方式」とも呼ばれる）の装置（ステッパー等）が一般的であった。このような一括露光方式の投影露光装置では、投影光学系の一部のレンズエレメント、又はレチクルを光軸方向に駆動するか、又は光軸に対して傾斜させることにより、積極的に投影パターンを台形状に歪ませて、前回露光されたパターンと歪みの状態を一致させて露光する方式が提案されている（例えば、特開昭62-7129号公報、特開昭62-24624号公報、特開平2-609号公報、特開平2-652号公報参照）。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記の如き従来の重ね

合わせ精度の改善方式は、一括露光方式（フル・フィールド方式）を前提として提案されたものである。ところが、近年、レチクルのパターン領域をスリット状に照明し、そのスリット状の照明領域に対してレチクルを走査し、レチクルの走査と同期してそのスリット状の照明領域と共に露光領域に対して感光基板を走査することにより、レチクルのパターンを逐次感光基板上に投影露光する方式である、所謂スリットスキャン露光方式の投影露光装置が開発されている。

【0006】このスリットスキャン露光方式では、レチクル上の照明領域が一括露光方式に比べて小さいため、投影像の歪みの量、及び照度の不均一性が小さく抑えられるという利点があるのみならず、走査方向に関しては投影光学系のフィールドサイズの制限を受けずに大面積の露光が行えるという利点がある。

【0007】しかしながら、スリットスキャン露光方式においては、投影光学系のフィールドの一部のみを使用し、且つ走査露光時に同一パターンが投影光学系のフィールド内の複数箇所を通過するため、投影光学系のレンズエレメントの単なる傾斜等では、投影像を全体として台形状等に歪ませることはできない。そのため、従来の一括露光方式用の重ね合わせ精度の改善方式では、スリットスキャン露光方式の投影露光装置での重ね合わせ精度の向上を図れないという不都合があった。

【0008】また、ウエハ上の各ショット領域内のチップパターンの上記台形状等の変形は、全てのショットで同一形状に変形することは殆どなく、ショット毎に異なる形状の変形が生じた場合に、高い重ね合わせ精度を維持するためには、一括露光方式の場合であっても、いわゆるダイ・バイ・ダイ方式により、各ショットにそれぞれ複数個付設されたアライメントマークの位置をショット毎に計測して各ショットの変形後の形状を求めることが不可欠と考えられるが、かかる場合には計測に著しい時間が掛かり、スループットの低下を招くという不都合がある。

【0009】本発明は、かかる事情の下になされたもので、請求項1ないし3に記載の発明の目的は、スループットの向上を図ることができるとともに重ね合わせ精度を高精度に維持できる走査型露光装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、照明光（IL）で照明された所定の照明領域（IA R）に対して転写用のパターンが形成されたマスク（R）を所定の方向に走査し、これと同期して前記所定の照明領域と共に露光領域（IA）に対して所定の方向に感光性の基板（W）を走査しつつ、前記マスク（R）のパターンの像を逐次前記基板（W）上に投影露光する走査型露光装置であって、前記マスク（R）上の所定の照明領域（IAR）を照明する照明光学系（2、

3、5~7)と;前記マスク(R)を搭載して少なくとも所定の走査方向に移動するマスクステージ(RST)と;前記所定の照明領域(IAR)内の前記マスク(R)のパターンの像を前記基板(W)上に結像する投影光学系(PL)と;前記基板(W)を搭載して少なくとも所定の走査方向を含む直交2軸方向に移動する基板ステージ(WST)と;前記マスクステージ(RST)による前記マスク(R)の走査速度と前記基板ステージ(WST)による基板(W)の走査速度との相対走査速度を調整する相対速度調整手段(19)と;前記投影光学系(PL)による投影倍率を調整する倍率調整手段(11、12、28)と;前記基板(W)上の複数のショット領域(SA)に付設された計測用マークを検出するマーク検出手段(8)と;前記基板ステージ(WST)の位置を計測する位置計測手段(18)と;前記マーク検出手段(8)と位置計測手段(18)とを用いて前記基板(W)上の特定の複数ショット領域に付設された複数の位置計測マークの位置を計測するアライメント計測手段(24)と;前記計測された前記複数の位置計測マークの位置データに基づいて前記特定のショット領域についてショット領域毎の所定の直交2軸方向の倍率成分を計算し、前記複数の位置計測マークの位置データと設計データとに基づいて統計演算にて前記基板(W)上の全てのショット配列座標を計算するとともに、前記特定のショット領域の所定の直交2軸方向の倍率成分の値を基に統計演算にて基板上の各ショット領域の前記直交2軸方向の倍率成分の分布を算出する演算手段(24)と;走査露光の際に前記演算手段の算出結果に応じて、前記相対速度調整手段(19)及び倍率調整手段(11、12、28)の少なくも一方を用いてショット領域毎に前記直交2軸方向の倍率成分の補正を行う補正手段(24)とを有する。

【0011】これによれば、アライメント計測手段により、マーク検出手段と位置計測手段とを用いて特定の複数ショット領域に付設された複数の位置計測マークの位置が計測され、演算手段では、この計測された複数の位置計測マークの位置データに基づいて基板上の特定のショット領域についてショット領域毎の所定の直交2軸方向の倍率成分を計算し、複数の位置計測マークの位置データと設計データとに基づいて統計演算にて基板上の全てのショット配列座標を計算するとともに、特定のショット領域の所定の直交2軸方向の倍率成分の値をもとに統計演算にて基板上の各ショット領域の直交2軸方向の倍率成分の分布を算出する。そして、補正手段では、走査露光の際に演算手段の算出結果に応じて、相対速度調整手段及び倍率調整手段の少なくも一方を用いてショット領域毎に前記直交2軸方向の倍率成分の補正を行う。従って、特定の複数ショット領域に付設された位置計測マークの位置を計測し、これを用いて上記の演算処理を行なうことにより、基板上の全てのショット領域の配列

及び所定の直交2軸方向の倍率成分の分布を演算することができ、この演算結果に基づいて基板上の各ショット領域に既に形成されたパターンの倍率成分に合わせて、走査露光の際に、①ショット領域毎に基板とマスクの相対走査速度を投影倍率前後で微調する、②投影光学系の投影倍率を変化させるのどちらか一方あるいは両者により、走査方向及びこれに直交する方向に伸縮したショット領域のパターンにマスクのパターンの投影像を正確に重ね合わせることが可能になる。この場合、基板上の全てのショット領域に付設された位置計測マークの位置を計測する必要がないので、その分スループットの向上を図ることができる。

【0012】請求項2に記載の発明は、照明光(IL)で照明された所定の照明領域(IAR)に対して転写用のパターンが形成されたマスク(R)を所定の方向に走査し、これと同期して前記所定の照明領域(IAR)と共役な露光領域(IA)に対して所定の方向に感光性の基板(W)を走査しつつ、前記マスク(R)のパターンの像を逐次前記基板(W)上に投影露光する走査型露光装置であって、前記マスク(R)上の所定の照明領域(IAR)を照明する照明光学系(2、3、5~7)と;前記マスク(R)を搭載して少なくとも所定の走査方向に移動するマスクステージ(RST)と;前記所定の照明領域(IAR)内の前記マスク(R)のパターンの像を前記基板(W)上に結像する投影光学系(PL)と;前記基板(W)を搭載して少なくとも所定の走査方向を含む直交2軸方向に移動する基板ステージ(WST)と;前記マスク(R)と基板(W)との相対角度を調整する相対角度設定手段(9、19)と;前記マスクステージ(RST)による前記マスク(R)の走査方向と前記基板ステージ(WST)による前記基板(W)の走査方向との相対角度を変化させる相対角度制御手段(19)と;前記基板(W)上の複数のショット領域(SA)に付設された計測用マークを検出するマーク検出手段(8)と;前記基板ステージ(WST)の位置を計測する位置計測手段(18)と;前記マーク検出手段(8)と位置計測手段(18)とを用いて前記基板(W)上の特定の複数ショット領域に付設された複数の位置計測マークの位置を計測するアライメント計測手段(24)と;前記計測された前記複数の位置計測マークの位置データに基づいて前記特定のショット領域についてショット領域毎の回転成分、直交成分を計算し、前記複数の位置計測マークの位置データと設計データとに基づいて統計演算にて前記基板(W)上の全てのショット配列座標を計算するとともに、前記特定のショット領域の回転成分、直交成分の値を基に統計演算にて基板上の各ショット領域の回転成分、直交成分の分布を算出する演算手段(24)と;走査露光の際に前記演算手段の算出結果に応じて、相対角度設定手段(9、19)及び相対角度制御手段(19)の少なくも一方を用いてショット

ト領域毎に回転成分、直交成分の補正を行う補正手段(24)とを有する。

【0013】これによれば、アライメント計測手段により、マーク検出手段と位置計測手段とを用いて基板上の特定の複数ショット領域に付設された複数の位置計測マークの位置が計測され、演算手段では、この計測された複数の位置計測マークの位置データに基づいて前記特定のショット領域についてショット領域毎の所定の回転成分、直交成分を計算し、複数の位置計測マークの位置データと設計データとに基づいて統計演算にて基板上の全てのショット配列座標を計算するとともに、特定のショット領域の回転成分、直交成分の値をもとに統計演算にて基板上の各ショット領域の回転成分、直交成分の分布を算出する。そして、補正手段では、走査露光の際に演算手段の算出結果に応じて、相対角度設定手段及び相対角度制御手段の少なくとも一方を用いてショット領域毎に回転成分、直交成分の補正を行う。従って、特定の複数ショット領域に付設された位置計測マークの位置を計測し、これを用いて上記の演算処理を行なうことにより、基板上の全てのショット領域の配列及び回転成分、直交成分の分布を演算することができ、この演算結果に基づいて基板上の各ショット領域に既に形成されたパターンの回転成分、直交成分に合わせて、走査露光の際に①マスクと基板の走査方向を所定の相対角度に設定する、②基板とマスクの相対角度を所定の相対角度に設定する、のいずれか一方又は両方により、回転したショット領域のパターンあるいは平行四辺形上に変形したショット領域のパターンに対してマスクのパターンの投影像を正確に重ね合わせることが可能になる。この場合も、基板上の全てのショット領域に付設された位置計測マークの位置を計測する必要がないので、その分スループットの向上を図ることができる。

【0014】請求項3に記載の発明は、照明光(IL)で照明された所定の照明領域(IAR)に対して転写用のパターンが形成されたマスク(R)を所定の方向に走査し、これと同期して前記所定の照明領域(IAR)と共に露光領域(IA)に対して所定の方向に感光性の基板(W)を走査しつつ、前記マスク(R)のパターンの像を逐次前記基板(W)上に投影露光する走査型露光装置であって、前記マスク(R)上の所定の照明領域(IAR)を照明する照明光学系(2、3、5~7)と；前記マスク(R)を搭載して少なくとも所定の走査方向に移動するマスクステージ(RST)と；前記所定の照明領域(IAR)内の前記マスク(R)のパターンの像を前記基板(W)上に結像する投影光学系(PL)と；前記基板(W)を搭載して少なくとも所定の走査方向を含む直交2軸方向に移動する基板ステージ(WST)と；前記マスク(R)と前記基板(W)との相対角度を調整する相対角度設定手段(9、19)と；前記投影光学系(PL)による投影像の歪みを補正する結像特

性補正手段(11、12、28)と；前記基板(W)上の複数のショット領域(SA)に付設された計測用マークを検出するマーク検出手段(8)と；前記基板ステージ(WST)の位置を計測する位置計測手段(18)と；前記マーク検出手段(8)と位置計測手段(18)とを用いて特定の複数ショット領域に付設された複数の位置計測マークの位置を計測するアライメント計測手段(24)と；前記計測された前記複数の位置計測マークの位置データに基づいて前記特定のショット領域についてショット領域毎の所定の直交2軸方向の台形成分を計算し、前記複数の位置計測マークの位置データと設計データとに基づいて統計演算にて前記基板(W)上の全てのショット配列座標を計算するとともに、前記特定のショット領域の前記直交2軸方向の台形成分の値を基に統計演算にて基板上の各ショット領域の台形成分の分布を算出する演算手段(24)と；前記演算手段の算出結果に応じて、走査露光中に、前記相対角度設定手段(9、19)及び結像特性補正手段(11、12、28)の少なくとも一方を用いて、前記マスク(R)と前記基板(W)との相対角度及び前記投影光学系(PL)の投影倍率の少なくとも一方を連続的に変化させることにより、前記基板(W)上の各ショット領域毎に前記台形成分の補正を行なう補正手段(24)とを有する。

【0015】これによれば、アライメント計測手段により、マーク検出手段と位置計測手段とを用いて基板上の特定の複数ショット領域に付設された複数の位置計測マークの位置が計測され、演算手段では、この計測された複数の位置計測マークの位置データに基づいて前記特定のショット領域についてショット領域毎の所定の直交2軸方向の台形成分を計算し、複数の位置計測マークの位置データと設計データとに基づいて統計演算にて基板上の全てのショット配列座標を計算するとともに、特定のショット領域の直交2軸方向の台形成分の値をもとに統計演算にて基板上の各ショット領域の台形成分の分布を算出する。そして、補正手段では、演算手段の算出結果に応じて、走査露光中に、相対角度設定手段及び結像特性補正手段の少なくとも一方を用いて、マスクと基板との相対角度及び投影光学系の投影倍率の少なくとも一方を連続的に変化させることにより、基板上の各ショット領域毎に前記台形成分の補正を行なう。従って、特定の複数ショット領域に付設された位置計測マークの位置を計測し、これを用いて上記の演算処理を行なうことにより、基板上の全てのショット領域の配列及び台形成分の分布を演算することができ、この演算結果に基づいて基板上の各ショット領域に既に形成されたパターンの台形成分に合わせて、走査露光中に、①投影倍率を連続的に変化させる、②マスクと基板の相対角度を連続的に変化させる、のどちらか一方あるいは両方により、台形状に変形したショット領域のパターンに対してマスクのパターンの投影像を正確に重ね合わせることが可能になる。

この場合も、基板上の全てのショット領域に付設された位置計測マークの位置を計測する必要がないので、その分スループットの向上を図ることができる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を図1ないし図10に基づいて説明する。

【0017】図1には、一実施形態に係る走査型露光装置100の概略的な構成が示されている。この走査型露光装置100は、いわゆるステップ・アンド・スキャン露光方式の投影露光装置である。

【0018】この走査型露光装置100は、光源1及び照明光学系(2、3、5~7)を含む照明系、マスクとしてのレチクルRを保持するマスクステージとしてのレチクルステージRST、投影光学系PL、基板としてのウエハWを保持する基板ステージとしてのウエハステージWST及びこれらの制御系等を備えている。

【0019】前記照明系は、光源1、コリメータレンズ、フライアイレンズ等(いずれも図示せず)からなる照度均一化光学系2、リレーレンズ3、可変NDフィルタ4、レチクルブラインド5、リレーレンズ6及びダイクロイックミラー7(この内、照度均一化光学系2、リレーレンズ3、レチクルブラインド5、リレーレンズ6及びダイクロイックミラー7によって照明光学系が構成される)等を含んで構成されている。

【0020】ここで、この照明系の構成各部についてその作用とともに説明すると、光源1で発生した照明光ILは不図示のシャッターを通過した後、照度均一化光学系2により照度分布がほぼ均一な光束に変換される。照明光ILとしては、例えばKrFエキシマレーザ光やArFエキシマレーザ光等のエキシマレーザ光、銅蒸気レーザやYAGレーザの高調波、あるいは超高圧水銀ランプからの紫外域の輝線(g線、i線等)等が用いられる。

【0021】照度均一化光学系2から水平に射出された光束は、リレーレンズ3を介して、レチクルブラインド5に達する。このレチクルブラインド5は、レチクルRのパターン形成面及びウエハWの露光面と光学的に共役な面に配置され、このレチクルブラインド5のリレーレンズ3側に密着するように、前記可変NDフィルタ4が設置されている。

【0022】前記レチクルブラインド5としては、複数枚の可動遮光板(例えば2枚のL字型の可動遮光板)を例えばモータにより開閉することにより開口部の大きさ(スリット幅等)を調整する。その開口部の大きさを調整することにより、レチクルRを照明するスリット状の照明領域IAR(図2参照)を任意の形状及び大きさに設定できるようになっている。

【0023】また、可変NDフィルタ4は透過率分布を所望の状態に設定するもので、例えば二重すだれ構造、液晶表示パネル、エレクトロクロミックデバイス、又は

所望の形状のNDフィルタより構成されている。本実施形態ではこの可変NDフィルタ4は、可変NDフィルタ制御部22によって出し入れ(あるいはその回転角度)等の制御がなされており、これによりレチクルR上の照明領域IAR内の照度分布が意図的に不均一にされ、結果的に走査中のウエハW上の露光量を一定に保つことができるようになっている。通常は、可変NDフィルタ4の全体が100%透過になっており、レチクルR上の照明領域IAR内の照度分布は均一である。

【0024】可変NDフィルタ4及びレチクルブラインド5を通過した光束は、リレーレンズ6を通過してダイクロイックミラー7に至り、ここで鉛直下方に折り曲げられて回路パターン等が描かれたレチクルRの照明領域IAR部分を照明する。

【0025】前記レチクルステージRST上にはレチクルRが、例えば真空吸着により固定されている。レチクルステージRSTは、レチクルRの位置決めのため、照明光学系の光軸IX(後述する投影光学系PLの光軸AXに一致)に垂直な平面内で2次元的に(X軸方向及びこれに直交するY軸方向及びXY平面に直交するZ軸回りの回転方向に)微少駆動可能に構成されている。

【0026】また、このレチクルステージRSTは、リニアモータ等で構成されたレチクル駆動部(図示省略)により、所定の方向(走査方向)に指定された走査速度で移動可能となっている。このレチクルステージRSTは、レチクルRの全面が少なくとも照明光学系の光軸IXを横切ることができるだけの移動ストロークを有している。

【0027】レチクルステージRSTの端部にはレチクルレーザ干渉計(以下、「レチクル干渉計」という)16からのレーザビームを反射する移動鏡15が固定されており、レチクルステージRSTのステージ移動面内の位置はレチクル干渉計16によって、例えば0.01μm程度の分解能で常時検出される。ここで、実際には、レチクルステージRST上には走査方向に直交する反射面を有する移動鏡と非走査方向に直交する反射面を有する移動鏡とが設けられ、レチクル干渉計16は走査方向に1軸、非走査方向には2軸設けられているが、図1ではこれらが代表的に移動鏡15、レチクル干渉計16として示されている。

【0028】レチクル干渉計16からのレチクルステージRSTの位置情報はステージ制御系19に送られ、ステージ制御系19はレチクルステージRSTの位置情報に基づいてレチクル駆動部(図示省略)を介してレチクルステージRSTを駆動する。

【0029】なお、不図示のレチクルアライメント系により所定の基準位置にレチクルRが精度良く位置決めされるように、レチクルステージRSTの初期位置が決定されるため、移動鏡15の位置をレチクル干渉計16で測定するだけでレチクルRの位置を十分高精度に測定し

たことになる。

【0030】前記投影光学系PLは、レチクルステージRSTの図1における下方に配置され、その光軸AX（照明光学系の光軸IXに一致）の方向がZ軸方向とされ、ここでは両側テレセントリックな光学配置となるように光軸AX方向に沿って所定間隔で配置された複数枚のレンズエレメント27、29、30、31、……及びこれらのレンズエレメント27、29、30、31、……を保持するレンズ鏡筒10を含んで構成されている。この投影光学系PLは所定の投影倍率、例えば1/5（あるいは1/4）を有する縮小光学系である。このため、照明光学系からの照明光ILによってレチクルRの照明領域IARが照明されると、このレチクルRを通過した照明光ILにより、投影光学系PLを介してレチクルRの回路パターンの縮小像が表面にフォトレジスト（感光材）が塗布されたウエハW上に形成される。本実施形態の走査型露光装置100では、この投影光学系PLによる投影像の歪み（倍率を含む）を補正する結像特性補正手段が設けられている（これについては、後に詳述する）。

【0031】前記ウエハステージWSTは、投影光学系PLの図1における下方に配置され、このウエハステージWST上には、ウエハホルダ9が保持されている。このウエハホルダ9上にはウエハWが真空吸着されている。ウエハホルダ9は不図示の駆動部により、投影光学系PLの最良結像面に対し、任意方向に傾斜可能で、かつ投影光学系PLの光軸AX方向（Z方向）に微動が可能に構成されている。また、このウエハホルダ9は光軸AX回りの回転動作も可能になっている。

【0032】ウエハステージWSTは走査方向（X方向）の移動のみならず、ウエハW上の複数のショット領域を前記照明領域IARと共に露光領域に位置させることができるように、走査方向に垂直な方向（Y方向）にも移動可能に構成されており、ウエハW上の各ショット領域を走査（スキャン）露光する動作と、次のショットの露光開始位置まで移動する動作とを繰り返すステップ・アンド・スキャン動作を行う。このウエハステージWSTはモータ等のウエハステージ駆動部（不図示）によりXY2次元方向に駆動される。

【0033】ウエハステージWSTの端部には位置計測手段としてのウエハレーザ干渉計（以下、「ウエハ干渉計」という）18からのレーザビームを反射する移動鏡17が固定され、ウエハステージWSTのXY平面内の位置はウエハ干渉計18によって、例えば0.01μm程度の分解能で常時検出されている。ここで、実際には、ウエハステージWST上には走査方向に直交する反射面を有する移動鏡と非走査方向に直交する反射面を有する移動鏡とが設けられ、ウエハ干渉計18は走査方向に1軸、非走査方向には2軸設けられているが、図1ではこれらが代表的に移動鏡17、ウエハ干渉計18とし

て示されている。ウエハステージWSTの位置情報（又は速度情報）はステージ制御系19に送られ、ステージ制御系19はこの位置情報（又は速度情報）に基づいてウエハステージWSTを制御する。

【0034】本実施形態の投影露光装置においては、図2に示されるように、レチクルRの走査方向（X方向）に対して垂直な方向に長手方向を有する長方形（スリット状）の照明領域IARでレチクルRが照明され、レチクルRは露光時に-X方向に速度V_Rで走査（スキャン）される。照明領域IAR（中心は光軸AXとほぼ一致）は投影光学系PLを介してウエハW上に投影され、スリット状の投影領域IAが形成される。ウエハWはレチクルRとは倒立結像関係にあるため、ウエハWは速度V_Rの方向とは反対方向（+X方向）にレチクルRに同期して速度V_wで走査され、ウエハW上のショット領域SAの全面が露光可能となっている。走査速度の比V_w/V_Rは正確に投影光学系PLの縮小倍率に応じたものになっており、レチクルRのパターン領域PAのパターンがウエハW上のショット領域SA上に正確に縮小転写される。照明領域IARの長手方向の幅は、レチクルR上のパターン領域PAよりも広く、遮光領域STの最大幅よりも狭くなるように設定され、走査（スキャン）することによりパターン領域PA全面が照明されるようになっている。

【0035】図1に戻り、投影光学系PLの側面には、ウエハW上の各ショット領域に付設された計測マークとしてのアライメントマーク（ウエハマーク）の位置を検出するためのマーク検出手段としてのオフ・アクシス方式のアライメント顕微鏡8（これについては、後述する）が設けられ、そのアライメント顕微鏡8の計測結果が、装置全体の動作を制御する主制御装置20に供給され、主制御装置20では、ウエハマークの計測された位置よりウエハW上のショット領域の配列及びこの配列の歪みを算出する（これについては、後に詳述する）。この際に、ウエハW上のショット領域の配列方向と、レチクルRの走査方向と共に方向との相対角度も算出され、この相対角度情報がステージ制御系19に供給される。その相対角度情報を基にステージ制御系19は、レチクルRの走査方向に対するウエハWの走査方向の相対角度を制御する。

【0036】前記アライメント顕微鏡8は、投影光学系PLの一側面に固定されており、本実施形態では画像処理方式のものが用いられている。このアライメント顕微鏡8は、ハロゲンランプ等のプロードバンドな照明光を発する光源、対物レンズ、指標板、CCD等の撮像素子及び信号処理回路、演算回路等（いずれも図示省略）を含んで構成されている。このアライメント顕微鏡8を構成する光源から発せられた照明光がアライメント顕微鏡8内部の対物レンズを通過した後ウエハW上に照射され、そのウエハW表面の不図示のウエハマーク領域から

の反射光がアライメント顕微鏡8内部に戻り、対物レンズ、指標板を順次透過してCCD等の撮像面上にウエハマークの像、及び指標板上の指標の像が結像される。これらの像の光電変換信号が信号処理回路により処理され、演算回路によってウエハマークと指標との相対位置が算出される。この算出結果が、主制御装置20に供給され、主制御装置20はウエハマークの計測された座標からウエハW上の各ショット領域に既に形成されているチップパターンの歪みの状態を求める（これについても、後に詳述する）。これにより、後述するようにして、前回露光され処理されたウエハWの各ショット領域のチップパターンに対して、レチクルRの投影像を正確に重ね合わせて露光することが可能になる。なお、ウエハWのアライメント方法は種々提案されているが、他の方法でも同様に使用できる。

【0037】また、図1の装置には、投影光学系PLの最良結像面に向けてピンホール、あるいはスリット像を形成するための結像光束を光軸AX方向に対して斜め方向より供給する照射光学系13と、その結像光束のウエハWの表面での反射光束をスリットを介して受光する受光光学系14とから成る斜入射方式のウエハ位置検出系（焦点検出系）が、投影光学系PLを支える支持部（図示省略）に固定されている。このウエハ位置検出系の構成等については、例えば特開昭60-168112号公報に開示されており、ウエハ表面の結像面に対する上下方向（Z方向）の位置偏差を検出し、ウエハWと投影光学系PLとが所定の間隔を保つようにウエハホルダ9をZ方向に駆動するために用いられる。ウエハ位置検出系からのウエハ位置情報は、主制御装置20を介してステージ制御系19に送られる。ステージ制御系19はこのウエハ位置情報に基づいてウエハホルダ9をZ方向に駆動する。

【0038】なお、本実施形態では結像面が零点基準となるように、予め受光光学系14の内部に設けられた不図示の平行平板ガラス（プレーンパラレル）の角度が調整され、ウエハ位置検出系のキャリブレーションが行われるものとする。また、例えば特開昭58-113706号公報に開示されているような水平位置検出系を用いたり、あるいは投影光学系PLのイメージフィールド内の任意の複数の位置での焦点位置を検出できるようにウエハ位置検出系を構成する（例えば複数のスリット像をイメージフィールド内に形成する）ことによって、ウエハW上の所定領域の結像面に対する傾きを検出可能に構成してもよい。

【0039】次に、投影光学系PLの結像特性を補正するための結像特性補正手段について説明する。この結像特性補正手段は、大気圧変化、照明光吸収等による投影光学系PL自体の結像特性の変化を補正すると共に、ウエハW上の前回の露光ショット（ショット領域）の歪みに合わせてレチクルRのパターンの投影像を歪ませる働きをもつ。投影光学系PLの結像特性としては焦点位置、像面湾曲、ディストーション、非点収差等があり、それらを補正する機構はそれぞれ考えられるが、以下の説明においては結像特性補正手段は、主として投影像の歪み（倍率を含む）に関する補正のみを行なうものとする。

【0040】図1において、投影光学系PLを構成する、レチクルRに最も近いレンズエレメント27は支持部材28に固定され、レンズエレメント27に続くレンズエレメント29、30、31、…は投影光学系PLのレンズ鏡筒10に固定されている。支持部材28は、伸縮自在の複数（ここでは3つ）の駆動素子、例えばピエゾ素子11a、11b、11c（但し、図1では紙面奥側の駆動素子11cは図示せず）を介して投影光学系PLのレンズ鏡筒10と連結されている。駆動素子11a、11b、11cに印加される駆動電圧が結像特性制御部12によって独立して制御され、これによって、レンズエレメント27が光軸AXに直交する面に対して任意に傾斜及び光軸方向に移動可能な構成となっている。すなわち、本実施形態ではレンズエレメント27の支持部材28、駆動素子11a、11b、11c及びこれに対する駆動電圧を制御する結像特性制御部12によって結像特性補正手段（倍率調整手段を兼ねる）が構成されている。

【0041】なお、本実施形態において、投影光学系PLの光軸AXはレンズエレメント29以下のレンズエレメントの共通の光軸を指すものとする。

【0042】ここで、上述のようにして構成された結像特性補正手段の作用について説明する。

【0043】レンズエレメント27が、光軸AXの方向に平行移動した場合、その移動量に応じた変化率で投影倍率（投影像の寸法の拡大縮小率）が変化する。これを図3(a)を用いて説明する。

【0044】図3(a)において、正方形の投影像32が投影光学系PLにより投影された歪みの無い場合の正方形のパターンの像とする。この場合、レンズエレメント27を例えば上方（レチクルR方向）に移動したとすると、投影倍率が大きくなり投影像32の各頂点は矢印の方向に移動し、正方形のパターンの像は等方的に拡大された投影像32Aのように投影される。同様に歪みが無い状態のスリット状の露光領域IA₀も等方的に拡大されて、露光領域IA₁のように投影される。

【0045】次に、レンズエレメント27が光軸AXに垂直な平面に対して傾斜した場合について図3(b)を用いて説明する。傾斜時の回転軸をRXとすると、図3(b)に示されるように、正方形の投影像32の頂点は矢印の方向に伸縮し、全体として台形状の投影像32Bのように投影される。同様に、走査露光時の露光領域IA₀も露光領域IA₂のような台形状となる。図3(b)では、回転軸RXを走査方向(X方向)に対して

垂直な方向(Y方向)に取った例を示したが、回転軸RXをどの方向に取っても、図3(b)の例と同様に回転軸に対して一方の倍率が小さく、多方の倍率が大きくなるというような変形を行うことができる。

【0046】なお、投影像の歪みの補正方法は上記の方法に限定されず、例えばレチクルRを光軸AX方向に移動させることにより、いわゆる樽型ディストーションや糸巻き型ディストーションを意識的に生じさせたり、投影光学系PL内部の一部のレンズエレメント相互間を密封して、その内部の空気圧力を変化させることにより、投影倍率を変更する等の方法も採用できる。

【0047】上記の様にレンズエレメント27(あるいはレチクルR)を駆動する場合、それに伴って焦点位置あるいは像面が変化するが、その量は各駆動量から主制御装置20が計算できる。そして、主制御装置20がウエハ位置検出系(13, 14)の零点基準に対してその計算で求めた量だけオフセットを加えることにより、ウエハWの露光面が常に焦点位置に来るよう制御する。これにより、レンズエレメント27(あるいはレチクルR)の駆動により投影光学系PLの焦点位置又は像面位置が変化しても、その変化に追従して焦点位置又は像面位置が調整される。

【0048】一括露光方式の場合は上記の方法の組合せにより、正方形の投影像32をある程度任意の形状に変化させることで、ウエハW上に前回露光されたショット領域の歪みに合わせて露光を行うことができる。しかし、ステップ・アンド・スキャンあるいはスリットスキャン露光方式で露光を行う場合は、ウエハW上の各ショット領域内のパターンが露光領域IA内を走査に応じて通過しながら露光していく。そのため、例えば図3(b)に示されるように、露光領域IA₁を台形状の露光領域IA₂にしても露光されるパターンは全体としては台形状とならず、むしろ同一パターンが露光中に異なる位置に露光していくので、像が不鮮明になるだけである。本実施形態ではこの問題を以下のように解決する。

【0049】補正方法の説明の前に、先ず補正量の求め方について説明する。従来の技術で説明したように、前回露光されているパターンが歪む要因として、先ず前回のパターンを露光した露光装置と今回露光する露光装置とが異なり、投影光学系の持つ投影像の歪みが異なることがある。この場合、今回の露光装置から見るとウエハ上の各ショット領域のパターンが歪んでいることになる。これは例えば、ウエハ上のパターンが粗くてもよいレイヤ(層)については、投影像の歪みはあまり良好に除去されていないが、解像力についての仕様は満足する旧型の露光装置を使用する場合、あるいは個々の露光装置の投影像の歪みは要求精度内に入っているが、歪みの出方が不規則の場合には無視できなくなる。

【0050】この場合、前回の露光を行った露光装置の

投影像の歪みの特性を、図1の入力手段21を介して主制御装置20に入力する。入力手段21としては例えば磁気ディスク装置、磁気テープ装置、あるいはキーボード等が考えられる。投影像の歪みの特性は、数式、数式の係数あるいはショット内の所定の座標位置の各点が露光時にどれだけずれた点に露光されるか等を示すテーブル等の形で主制御装置20に入力される。主制御装置20内には、自分自身の投影光学系PLの歪み量と、結像特性補正手段による補正後の歪み量を求める数式とが予め用意されており、主制御装置20は前回の露光ショットとの誤差量を最小にするための補正量の算出を行い、結像特性制御部12を介して結像特性の補正を行う。

【0051】次に上記の補正だけでは不十分である場合、即ちプロセス処理における温度上昇等によってウエハWに歪みが発生する場合について説明する。

【0052】本実施形態では、ウエハWの各ショット領域SA-nには、図4に示されるように、各ショット領域SA-n毎にそれぞれ例えば4隅に十字型のアライメント用のウエハマーク22-n, 23-n, 24-n, 25-nが形成されているものとし、これらウエハマーク22-n, 23-n, 24-n, 25-nにより各ショット領域SA-nの座標及び各ショット領域SA内に形成されているチップパターンの歪みを計測できるようになっている。

【0053】本実施形態の場合、1ショット毎にそれぞれウエハマークの座標計測を行うダイ・バイ・ダイ方式ではなく、1ウエハ当たり例えば5~10個程度の予め選択されたショット領域(サンプルショット)に付設されたウエハマークの座標位置を計測して統計処理(例えば最小自乗法)によりウエハ全体のショット配列を求めるエンハンスト・グローバル・アライメント方式(以下、「EGA方式」という)が使用されている(例えば特開昭61-44429号公報参照)。また、本実施形態では、各ショット内のチップパターンの歪みを求めるにも、上記EGA方式と同様の統計処理による方式(以下、「EGA近似方式」という)が使用されている。

【0054】ここで、本実施形態においてウエハ全体のショット配列を求めるEGA方式について説明する。

【0055】図4には本実施形態で用いられるウエハWが示されており、この図4において、ウエハW上の直交する座標系(α, β)に沿って複数のショット領域SA-n(n=0, 1, 2, ...)がマトリックス状に配列され、各ショット領域SA-nには前工程での露光及び現像等によりそれぞれチップパターンが形成されている。図4では、複数のショット領域の内の5つのショット領域SA-1~SA-5のみを代表して表している。

【0056】各ショット領域SA-nにはそれぞれ基準位置が定められている。例えば基準位置を各ショット領域SA-nの中心の基準点26-nとすると、この基準点26-nの、ウエハW上の座標系(α, β)における設計上の座標値は、それぞれ(D_{xn}, D_{yn})で表されるものとす

る。また、各ショット領域SA-nには、前記の如く4個の位置合わせ用のアライメントマーク22-n, 23-n, 24-n, 25-nが付随して設けられている。

【0057】ところで、本実施形態の装置では、ウエハWをウエハステージWST上に載置し、ステップ・アンド・スキャン方式で既にチップパターンが形成された複数のショット領域の各々にレチクルの投影像を順次重ね合わせて露光が行われるのであるが、このとき、ウエハステージWSTの移動位置を規定するステージ座標系(X, Y)とウエハの座標系(α, β)との対応関係が必ずしも前工程における関係と同じになるとは限らない。このため、座標系(α, β)に関する各ショット領域SA-nの基準点26-nの設計上の座標値(Dxn, Dyn)からステージ座標系(X, Y)上の座標を求めて、この座標に基づいてウエハWを移動させても、各ショット領域SA-nが精密に位置合わせされないことがある。そこで、本実施形態では、その位置合わせの誤差(ショット配列の誤差)が次の4つの要因から生じたものとする。

【0058】①ウエハの回転：これはステージ座標系(X, Y)に対するウエハの座標系(α, β)の残留回転誤差θで表される。

【0059】②ステージ座標系(X, Y)の直交度：これはX軸方向及びY軸方向のウエハステージWSTの送

$$\begin{bmatrix} F_{xn} \\ F_{yn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Rx, 0 \\ 0, Ry \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta, -\sin \theta \\ \sin \theta, \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1, -\tan w \\ 0, 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_{xn} \\ D_{yn} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} O_x \\ O_y \end{bmatrix} \quad \dots \quad (1)$$

【0064】ここで、直交度誤差w及び残留回転誤差θが微小量であるとして一次近似を行うと、式(1)は次のようになる。

$$\begin{bmatrix} F_{xn} \\ F_{yn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Rx, -Rx(w+\theta) \\ Ry \cdot \theta, Ry \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_{xn} \\ D_{yn} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} O_x \\ O_y \end{bmatrix} \quad \dots \quad (2)$$

【0066】式(2)より、各ショット位置における設計値からの位置ずれ(εxn, εyn)は次式で表される。

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{xn} \\ \varepsilon_{yn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{xn} \\ F_{yn} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} D_{xn} \\ D_{yn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Rx-1, -Rx(w+\theta) \\ Ry \cdot \theta, Ry-1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_{xn} \\ D_{yn} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} O_x \\ O_y \end{bmatrix} \quad \dots \quad (3)$$

【0068】式(2)を行列の演算式で書き直すと、以下のようになる。

$$F_n = A \cdot D_n + O \quad \dots \quad (4)$$

りが正確に直交していないことにより生じ、直交度誤差wで表される。

【0060】③ウエハの座標系(α, β)におけるα方向及びβ方向の線形伸縮(ウエハスケーリング)：これはウエハWが加工プロセス等によって全体的に伸縮することである。この伸縮量はα方向及びβ方向についてそれぞれウエハスケーリングRx及びRyで表される。ただし、α方向のウエハスケーリングRxはウエハW上のα方向の2点間の距離の実測値と設計値との比、β方向のウエハスケーリングRyはβ方向の2点間の実測値と設計値との比で表すものとする。

【0061】④ウエハ上の座標系(α, β)のステージ座標系(X, Y)に対するオフセット：これはウエハWがウエハステージWSTに対して全体的に微小量だけずれることにより生じ、オフセット量Ox, Oyで表される。

【0062】上記の①～④の誤差要因が加わった場合、基準点の設計上の座標値が(Dxn, Dyn)であるショット領域について、実際に露光するにあたって位置決めすべきステージ座標系(X, Y)上の座標(Fxn, Fyn)は以下のように表される。

【0063】

【数1】

【0065】

【数2】

【0067】

【数3】

但し、

【0069】

【数4】

$$F_n = \begin{pmatrix} F_{xn} \\ F_{yn} \end{pmatrix} \quad \dots \dots (5)$$

$$A = \begin{pmatrix} a_{11}, a_{12} \\ a_{21}, a_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Rx, -Rx(w+\theta) \\ Ry \cdot \theta, Ry \end{pmatrix} \quad \dots \dots (6)$$

$$D_n = \begin{pmatrix} D_{xn} \\ D_{yn} \end{pmatrix} \quad \dots \dots (7)$$

$$O = \begin{pmatrix} 0_x \\ 0_y \end{pmatrix} \quad \dots \dots (8)$$

【0070】そして、ウエハ上から選択された複数のショット領域について実測して得られた配列座標値 (F_{Mx_n} , F_{MY_n}) と、対応するショット領域について式(4)に基づいて求めた計算上の配列座標値 (F_{xn} , F_{yn}) との平均的な偏差が最小になるように、最小自乗法を用いてそれら変換行列 A , O を決定する。この最小自乗法による具体的な変換行列 A , O の決定方法、すなわち誤差パラメータの決定方法については、特開昭61-44429号公報に詳述されているので、詳しい説明は省略する。

【0071】なお、上記の説明では各ショット領域の基準位置として各ショット領域の中心の基準点をとる場合について説明したが、これは説明をわかりやすくするために、及び図示の便宜上からこのような場合について説明したものであって、走査型露光装置にEGA方式を適用する場合には、走査開始点近傍のショット領域端部の位置を基準位置として定めても良い。

【0072】ここまで、各ショット領域 $SA-n$ 上の基準位置（例えば各ショット領域の中心の基準点）を正確に位置合わせすることについて説明してきた。しかし、各ショット領域の基準点がそれぞれ正確に位置合わせされたからといって、必ずしも各ショット領域内のチップパターン全体とレチクルの投影像とが隅々まで正確に重なり合うとは限らない。

【0073】そこで、本実施形態のEGA近似方式では、上記の位置ずれ (ϵ_{xn} , ϵ_{yn}) に対応する概念として、ショット（チップ）の台形度パラメータ (dx_n , dy_n) と、ショット（チップ）の回転、直交度パラメータ (ϕ_n , Θ_n) を導入し、これにより、ショット形状のウエハ内分布を仮想的なショットの位置ずれ量に置き換えて、上記ショット配列と同様に、最小自乗法による統計処理により求めるものである。

【0074】ここで、本実施形態のEGA近似方式につ

いて、更に詳述する。

【0075】図5(a)に示されるように、各ショット領域 SA の4角に配されたウエハマーク $22-n$, $23-n$, $24-n$, $25-n$ 相互間の距離を、それぞれ L_{1n} , L_{2n} , L_{3n} , L_{4n} とし、X方向、Y方向の台形度を示すパラメータとして、(L_{1n}/L_{2n}) 及び (L_{3n}/L_{4n}) を導入する。

【0076】従って、台形度のパラメータは、次のように定義できる。

$$dx_n = (L_{1n}/L_{2n})$$

$$dy_n = (L_{3n}/L_{4n})$$

また、図5(b)に示されるように、各ショット領域 SA の4角に配されたウエハマーク $22-n$, $23-n$, $24-n$, $25-n$ 相互間を結ぶ直線がX、Y軸に対してなす角を、それぞれ Θ_{2n} , Θ_{1n} , ϕ_{1n} , ϕ_{2n} とし、ショットの回転、ショットの直交度を示すパラメータとして、 $\phi_n = (\Theta_{2n} + \Theta_{1n})/2$, $\Theta_n = (\phi_{1n} + \phi_{2n})/2$ を導入する。

【0078】次に、チップの台形度パラメータ (dx_n , dy_n) と、ショット形状のウエハ内分布（形状変化パターン）との関係について、図6(a)ないし図6(d)に基づいて説明する。

【0079】図6(a)の形状変化パターンは、(dx_n , dy_n) の内の dy_n が X 方向の場所によって変化する形状変化パターンで、EGA方式における位置ずれ ϵ_y が X 方向の場所によって変化する、ウエハ回転がある場合に対応した形状変化パターンである。

【0080】図6(b)の形状変化パターンは、(dx_n , dy_n) の内の dx_n が Y 方向の場所によって変化する形状変化パターンで、位置ずれ ϵ_x が Y 方向の場所によって変化する、座標系 XY の直交度誤差がある場合に対応した形状変化パターンである。これらは、例えば熱プロセス等でウエハ外側程伸びているような場合が考えら

れる。

【0081】図6(c)の形状変化パターンは、(dx_n, dyn)の内のdx_nがX方向の場所によって変化する形状変化パターンで、位置ずれε_xがX方向の場所によって変化する、線形伸縮がある場合に対応する形状変化パターンである。なお、ここではdx_nがX方向の場所によって変化する場合を示したが、dynがY方向の場所によって変化する場合も同様である。

【0082】図6(d)の形状変化パターンは、(dx_n, dyn)の内のdx_nがウエハ全面で一様の値をもつ、オフセットがある場合に対応する形状変化パターンであ

る。なお、ここではdx_nがウエハ全面で一様の値をもつ場合を示したが、dynがウエハ全面で一様の値をもつ場合も同様である。典型的な例としては、前層(前のレイヤ)の露光を一括露光装置を用いて行なった場合のレチカルの傾斜誤差等の要因が考えられる。

【0083】図6(a)～図6(d)に示される各形状パターン(ショット形状のウエハ内分布)をEGA近似方式で求めるには、先の式(1)～式(3)と同様に、次式(9)～(11)を用いる。

【0084】

【数5】

$$\begin{bmatrix} F_{xn} \\ F_{yn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Rx, 0 \\ 0, Ry \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta, -\sin \theta \\ \sin \theta, \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1, -\tan w \\ 0, 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Dx_n \\ Dyn \end{bmatrix}$$

$$+ \begin{bmatrix} 0_x \\ 0_y \end{bmatrix} \quad \dots \dots (9)$$

$$\begin{bmatrix} F_{xn} \\ F_{yn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Rx, -Rx(w+\theta) \\ Ry \cdot \theta, Ry \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Dx_n \\ Dyn \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0_x \\ 0_y \end{bmatrix} \quad \dots \dots (10)$$

$$\begin{bmatrix} dx_n \\ dy_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{xn} \\ F_{yn} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Dx_n \\ Dyn \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} Rx-1, -Rx(w+\theta) \\ Ry \cdot \theta, Ry-1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Dx_n \\ Dyn \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0_x \\ 0_y \end{bmatrix} \quad \dots \dots (11)$$

【0085】そして、前述したEGA方式と同様に、ウエハ上のサンプルショットについて実測して得られた値(LM1n/LM2n)及び(LM3n/LM4n)と、対応するサンプルショットについて式(10)に基づいて求めた仮想的なショットの台形度F_{xn}及びF_{yn}との平均的な偏差が最小になるように、最小自乗法を用いて各パラメータ、すなわち前述した式(6)、式(8)で表わされる変換行列、A, Oを決定し、決定されたA, Oを式(11)に代入することにより、ウエハ内の各ショット領域について台形度と各ショットの設計座標値との関係を決定する(算出する)ことができる。

【0086】上記と同様の回転、直交度パラメータ(φ

_n, Θ_n)とショット形状のウエハ内分布(形状変化パターン)との関係が、図7(a)～図7(e)に示されている。図7(a)は平行四辺形形状分布を示し、(b)は回転形状の分布を示し、(c)はyに関する分布を示し、(d)はθに関する分布を示し、(e)はウエハ全面で一様な回転を生じる場合を示す。

【0087】図7(a)～図7(e)に示される各形状パターン(ショット形状のウエハ内分布)をEGA近似方式で求めるには、先の式(1)～式(3)と同様に、次式(12)～(14)を用いる。

【0088】

【数6】

$$\begin{bmatrix} F_{xn} \\ F_{yn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Rx, 0 \\ 0, Ry \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta, -\sin\theta \\ \sin\theta, \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1, -\tan w \\ 0, 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Dx_n \\ Dy_n \end{bmatrix}$$

$$+ \begin{bmatrix} 0_x \\ 0_y \end{bmatrix} \quad \dots \dots (12)$$

$$\begin{bmatrix} F_{xn} \\ F_{yn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Rx, -Rx(w+\theta) \\ Ry \cdot \theta, Ry \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Dx_n \\ Dy_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0_x \\ 0_y \end{bmatrix} \quad \dots \dots (13)$$

$$\begin{bmatrix} \phi_n \\ \theta_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{xn} \\ F_{yn} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Dx_n \\ Dy_n \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} Rx-1, -Rx(w+\theta) \\ Ry \cdot \theta, Ry-1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Dx_n \\ Dy_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0_x \\ 0_y \end{bmatrix} \quad \dots \dots (14)$$

【0089】そして、前述したEGA方式と同様に、ウエハ上のサンプルショットについて実測して得られた値(ϕ_{Mn})及び(θ_{Mn})と、対応するサンプルショットについて式(13)に基づいて求めた仮想的なショットの回転 F_{xn} 及び直交度 F_{yn} との平均的な偏差が最小になるように、最小自乗法を用いて各パラメータ、すなわち前述した式(6)、式(8)で表わされる変換行列、A、Oを決定し、決定されたA、Oを式(14)に代入することにより、ウエハ内の各ショット領域について回転、直交度と各ショットの設計座標値との関係を決定する(算出する)ことができる。

【0090】以上説明したEGA方式及びEGA近似方式による各パラメータの演算により、ウエハ内ショット配列とともに、ウエハ内の各ショット領域のX、Y 2軸方向の倍率成分の分布、回転成分、直交成分の分布及び台形成分の分布を、求めることが可能となり、これからウエハW上の各ショット領域に露光する投影像の歪みの補正量を求めることが出来る。

【0091】ところで、本実施形態の走査型露光装置では、走査露光の開始に先立って、上述したEGA方式により求められたショット配列データ及び予め求めてあるベースライン量に基づいて、ウエハW上の各ショット領域SA-nが所定の走査開始位置に位置合わせされるのであるが、ベースライン量を計測する計測シーケンス等は公知の手法が用いられるので、詳細な説明は省略する。

【0092】次に、本実施形態の走査型露光装置100において、上記の走査開始点へ各ショット領域が位置合わせされた際、あるいはそれに続く走査露光中に行われ

る投影像の歪みの補正方法について説明する。

【0093】先ず、単純に倍率成分のみが変化した場合、投影光学系PLのレンズエレメント27の移動により投影倍率を一致させ、走査方向と直角な方向の投影倍率をウエハW上のパターンの倍率に合わせる(図3(a)参照)。次に、実際に走査露光を行うときに、レチクルRの走査速度とウエハWの走査速度との相対速度を倍率誤差の比だけ変えて、走査方向の倍率を一致させる。例えば、倍率を大きくしたい場合、ウエハ側を速く移動させねばよい。

【0094】また、倍率の変化及び相対走査速度差により、ウエハWに対する実際の露光量が目標露光量に対して若干変化する。この変化量は通常無視してよいレベルであるが、必要に応じて補正を行うこともできる。このような露光量の補正は、レチクルR及びウエハWの走査速度自体(相対速度ではなくそれぞれの走査速度)を変化させる、レチクルブラインド5で照明領域のスリットの幅(走査方向の長さ)を変える、高速でオン/オフするシャッター(不図示)の開時間と閉時間との比を変える、又は可変NDフィルタ4の濃度を変える等の手法により実現できる。

【0095】次に、台形状の歪みに対する補正について説明する。台形状歪みは、図8に示されるように、走査方向に倍率が変化していく成分と、図9に示されるように、走査方向に直交する方向に倍率が変化していく成分とに分けられる。

【0096】まず、走査方向に倍率が変化していく台形状歪みの補正法を図8を参照して説明する。図8では、

説明の便宜上ウエハW上の或るショット領域上のパターン34Aを固定して、スリット状の露光領域が移動するよう表現している（実際にはスリット状の露光領域に対してウエハW側が移動する）。

【0097】図8の場合、露光位置Xに応じてパターン34Aの倍率が一定の割合で大きくなっているため、既に説明した全体の倍率が等方的に変化する場合を応用して、投影光学系PLの投影倍率を連続的に変化させてやればよい。しかし、スリット状の露光領域自体にも幅があるため、初期位置でのスリット状の露光領域IAiの形状を台形状に変化させる（図3(b)参照）ことが望ましい。そして、図8に示されるように、スリット状の露光領域を台形状にしたまま、走査により変化した露光位置Xに応じて投影光学系PLの投影倍率を変化させて、最終位置での露光領域IAfまで露光を行うことにより、走査露光後の投影像が台形状になる。上記の投影倍率の連続変化は、主制御装置20により結像特性制御部12を介して行われる。

【0098】なお、連続的に投影倍率を変化させずとも、段階的に、即ち所定距離だけウエハを移動させる度に投影倍率を変化させるようにしてもよい。

【0099】また、主制御装置20ではステージ制御系19を介して走査方向の倍率についても全体の倍率が等方的に変化したときと同様に、ウエハステージWSTを倍率が大きい所で速くなるように制御する。具体的には、図8の場合、ウエハステージWSTの走査速度V_wが位置X1～X2まで直線36Aに沿って連続的に速くなるように走査してやればよい。また、主制御装置20ではウエハW上での露光量についても、直線36Bに沿って次第にスリット状の露光領域内の単位面積当たりの光量（照度）ELが大きくなるように制御することにより、走査露光後のウエハW上の各点での露光量が一定になる。

【0100】以上の動作をまとめると、走査露光中に主制御装置20は、レチクル干渉計16の計測値に応じて、①レンズエレメント27の上下駆動、②ウエハステージWSTの速度制御、③可変NDフィルタ4の濃度制御（③に関しては前記の様に他の手法も考えられる）を行う必要がある。

【0101】これに関して、例えば倍率成分のみは補正できるが、台形成分の歪みの補正ができない結像特性の補正手段、すなわち倍率調整手段（例えばレンズエレメント27が、光軸IXに平行に上下動できるのみで傾斜はできない）を備えた露光装置では、スリット状の露光領域IAi～IAfを長方形のままにして倍率成分のみ変化させる方法を用いることにより、完全ではないが或る程度の補正ができる。この場合、スリット状の露光領域の走査方向の幅（スリット幅）が小さい程誤差が小さくなるので、スリット幅を小さくして露光を行うことが望ましい。このようにすれば、露光中に倍率が変化して

しまうことによる1つのパターンの像ぼけを防ぐことができる。

【0102】次に、図9を参照して、走査方向と直交する方向に倍率が変化する台形状の歪みの補正方法について説明する。図9も、図8と同様にウエハW上のパターン34Bが固定でスリット状の露光領域が移動する様に表現されている。この場合、主制御装置20では、結像特性制御部12を介してレンズエレメント27を傾斜駆動し、図9に示されるように、初期位置の露光領域IAiを手前側（図9における下側）の倍率が大となるような台形状に歪ませる。次に、主制御装置20では走査開始時に前回露光されたパターン34Bの辺L1と、露光領域IAiの辺L2とが平行になるように、ステージ制御系19及び不図示の駆動部を介してウエハホルダ（又はレチクルステージRST）を回転させることにより、レチクルRとウエハWとの相対角度を変える。

【0103】そして、主制御装置20では、図9に示されるように、走査露光によりスリット状の露光領域の位置が露光領域IAi、IAm、IAfと変化するのに応じて、上記のレチクルRとウエハWとの相対角度を次第に変化させる。即ち、前回形成されたパターン34Bの中心と、露光領域IAmの中心とが一致するとき両者の相対角度が0となり、走査の終端で台形状のパターン34Bの辺L3と露光領域IAfの辺L4とが平行になるように相対角度を変化させていく。

【0104】この場合、走査方向と台形の倍率変化方向とが一致する場合（図8の場合）のようには完全に投影像をパターン34Bに重ね合わせることはできないが、近似的に走査方向と直交する方向に倍率が変化する台形状の歪みを実現することができる。但し、厳密に言うと、本実施形態の方法では、投影像は扇状に歪む。

【0105】この場合、レチクルRとウエハWとの相対角度を変えることにより、倍率が小さい部分（図9の位置Y2）に比べて倍率が大きい部分（図9の位置Y1）でのウエハWの走査速度V_w（ひいてはウエハWの相対速度）が速くなってしまい、これにより走査方向の倍率も補正される。また、ウエハW上の露光量に関しては走査方向と直交する方向に露光面積が変化するため、図1の可変NDフィルタ4により図9中に直線37で示されるように図9の下側の照度ELが大きくなるように制御すればよい。あるいは、スリット状の露光領域の走査方向の幅が図9の下側で大きくなるように、図1のレチクルブラインド5の開口部の形状を変えて、レチクルRを照明しても良い。

【0106】図9の場合も、図8の場合と同様に露光装置が台形歪の補正手段を待っていないときには、レチクルRとウエハWとの相対角度のみを変えるといった不完全な方法を使用しても良い。

【0107】以上のように台形状の歪み成分に関しては、走査方向へ倍率が変化する成分と、走査方向に直角

な方向に倍率が変化する成分とに分けて補正を行うことができる。これらの応用例として、長方形に歪んでいる場合、前記の等方的倍率補正の内、走査方向に対応したものか、走査方向に直交する方向に対応したものの中で該当するものだけを実施するか、又は両者の比率を変えて実施すればよい。

【0108】また、図10に示されるように、ウエハW上のショット領域に形成されているパターン34Cが菱形状に歪んでいる場合は、スリット状の露光領域IAiの形状は走査開始から走査終了まで変化させる必要はない。この場合、主制御装置20では前述したようにしてレチクルRとウエハWとの相対角度を変えた状態で、レチクルRの走査方向と共にX方向に対して相対角度θで交差する方向に、ウエハWを走査速度V_wで走査することにより、近似的に投影像をパターン34Cに合わせて菱形状に歪ませることができる。上記のX方向に対して相対角度θで交差する方向に、ウエハWを走査することは、ステージ制御系19を介してウエハステージWSTを構成するXステージ、Yステージをそれぞれの移動方向に同時に駆動することにより実現できる。

【0109】これまでの説明から明らかなように、本実施形態に係る走査型露光装置100では、ステージ制御系19によって、レチクルステージRSTによるレチクルRの走査速度(V_R)とウエハステージWSTによるウエハWの走査速度(V_w)との相対走査速度を調整する相対速度調整手段、及びレチクルステージRSTによるレチクルRの走査方向とウエハステージWSTによるウエハWの走査方向との相対角度を変化させる相対角度制御手段が構成されている。また、ウエハホルダ9及びその駆動部(又はレチクルステージRST及びその駆動部)とステージ制御系19とによってレチクルRとウエハWとの相対角度を調整する相対角度設定手段が構成されている。

【0110】また、本実施形態では、主制御装置24の機能によって、①アライメント顕微鏡8とレーザ干渉計18とを用いてウエハW上の特定の複数ショット領域(サンプルショット領域)に付設された複数のウエハマークの位置を計測するアライメント計測手段と、②前記計測された複数のウエハマークの位置データに基づいてサンプルショット領域についてショット領域毎のX、Y2軸方向の倍率成分、台形成分、回転成分及び直交成分を計算し、複数のウエハマークの位置データと設計データに基づいて統計演算にてウエハW上の全てのショット配列座標を計算するとともに、サンプルショット領域のX、Y2軸方向の倍率成分、台形成分、回転成分及び直交成分の値をもとに統計演算にてウエハW上の各ショット領域のXY2軸方向の倍率成分、台形成分、回転成分及び直交成分の分布を算出する演算手段とが実現されている。さらに、主制御装置24の機能によって、③走査

露光の際に演算手段の算出結果に応じて、a. 相対速度調整手段及び結像特性補正手段(倍率調整手段)の少なくも一方を用いてショット領域毎にX、Y2軸方向の倍率成分の補正、b. 相対角度設定手段及び相対角度制御手段の少なくも一方を用いてショット領域毎に回転成分、直交成分の補正、c. 相対角度設定手段及び結像特性補正手段の少なくとも一方を用いて、レチクルRとウエハWとの相対角度及び投影光学系のPLの投影倍率の少なくとも一方を連続的に変化させることにより、ウエハW上の各ショット領域毎に台形成分の補正を、それぞれ行なう補正手段が実現される。

【0111】以上説明したように、本実施形態の走査型露光装置100によると、ファーストプリント時の装置誤差(走査型露光装置であればスキャン誤差、一括露光装置であればディストーション)及びフォトリソグラフィ以外のプロセスによるウエハ内において一定でないショット変形に対して、ウエハ上の位置に応じた補正を露光時に行うことにより、ダイバイダイ方式のようにスループットが悪化することなく、高い重ね合わせ精度を得ることが可能となる。

【0112】なお、上記実施形態では、前回露光されたショット領域内のパターンの歪みに合わせて、今回露光するレチクルRの投影像の歪みの状態を設定する場合について説明したが、本発明の他の実施形態としては、例えばウエハ上の第1レイアへの露光(つまり重ね合わせを考慮する必要がない場合の露光)の際に、次のレイアへの露光を行う露光装置の投影像の歪みに合わせて予め投影像を歪ませる方法、あるいはプロセスによるウエハ自体の歪みを予め予想しておき、露光時に逆の歪みを与えて歪みを打ち消す方法等も考えられる。更に、露光動作中にウエハWが露光光を吸収して膨張したり、レチクルRが露光光を吸収して投影像が歪む場合も補正が可能である。

【0113】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1に記載の発明によれば、スループットの向上を図ることができるとともに、走査方向及びこれに直交する方向に伸縮したショット領域のパターンにマスクのパターンの投影像を高精度に重ね合わせができるという効果がある。

【0114】また、請求項2に記載の発明によれば、スループットの向上を図ることができるとともに、回転したショット領域のパターンあるいは平行四辺形状に変形したショット領域のパターンに対してマスクのパターンの投影像を高精度に重ね合わせができるという効果がある。

【0115】さらに、請求項3に記載の発明によれば、スループットの向上を図ことができるとともに、台形状に変形したショット領域のパターンに対してマスクのパターンの投影像を高精度に重ね合わせができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る走査型露光装置の概略構成を示す図である。

【図2】図1の走査型露光装置におけるレチクルR及びウエハWの走査の状態を示す斜視図である。

【図3】結像特性補正手段の作用を説明するための図であって、(a)は図1の装置において最もレチクル寄りのレンズエレメントを光軸方向に駆動したときの投影像の変化を示す図、(b)は最もレチクル寄りのレンズエレメントを光軸に垂直な平面に対して傾斜させたときの投影像の変化を示す図である。

【図4】ウエハ上のショット領域の配列の一例を示す平面図である。

【図5】EGA近似方式で導入したショット形状に関する各パラメータの定義を説明するための図であって、(a)は台形度パラメータを説明するための図、(b)は回転、直交度パラメータを説明するための図である。

【図6】台形度パラメータと、ショット形状のウエハ内分布(形状変化パターン)との関係について示す図であって、(a)は台形度パラメータ(d_{xn} , dyn)内の dyn がX方向の場所によって変化する形状変化パターンを示す図、(b)は d_{xn} がY方向の場所によって変化する形状変化パターンを示す図、(c)は d_{xn} がX方向の場所によって変化する形状変化パターンを示す図、(d)は d_{xn} がウエハ全面で一様の値をもつ形状変化パターンを示す図である。

【図7】回転、直交度パラメータ(ϕ_n , Θ_n)とショット形状のウエハ内分布(形状変化パターン)との関係を示す図であって、(a)は平行四辺形形状分布を示す図、(b)は回転形状の分布を示す図、(c)は ϕ に関する分布を示す図、(d)は Θ に関する分布を示す図、(e)はウエハ全面で一様な回転を生じる場合を示す図

である。

【図8】走査方向に倍率が変化する台形歪みに投影像の歪みを合わせる方法の説明図である。

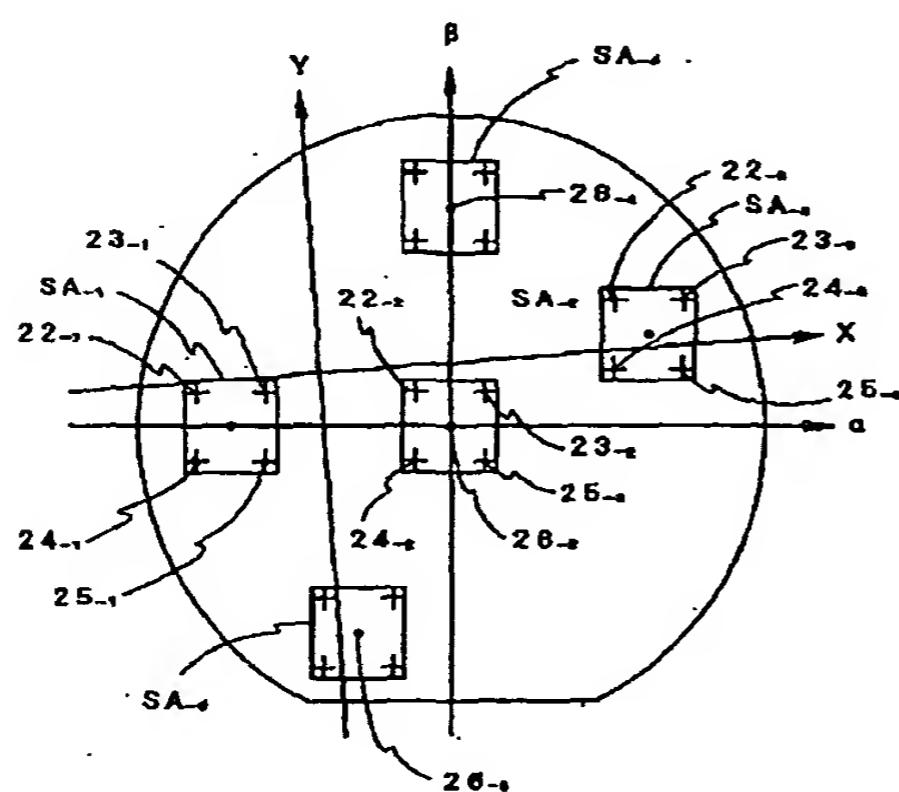
【図9】走査方向に直角な方向に倍率が変化する台形歪みに投影像の歪みを合わせる方法の説明図である。

【図10】菱形状の歪みに投影像の歪みを合わせる方法の説明図である。

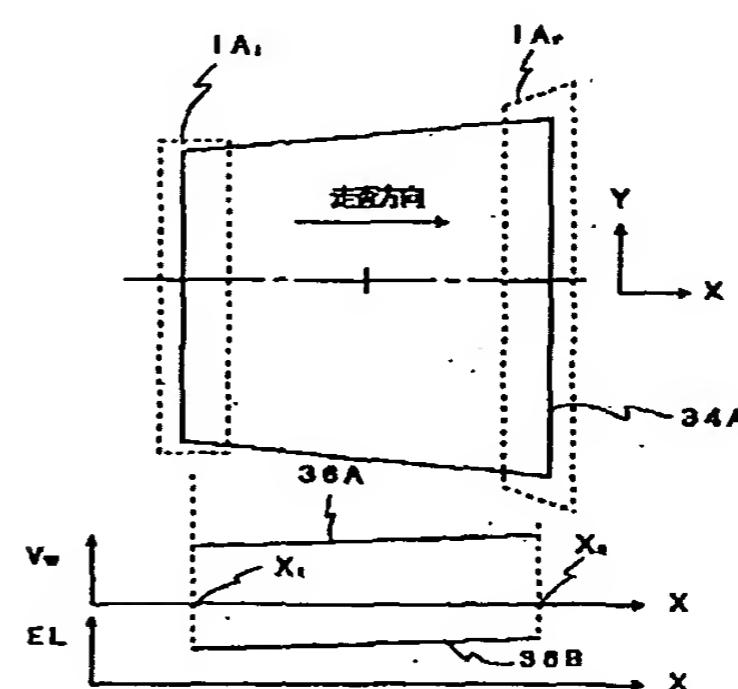
【符号の説明】

- 2 照度均一化光学系
- 3, 6 リレーレンズ
- 5 レチクルブラインド
- 7 ダイクロイックミラー
- 8 アライメント顕微鏡
- 9 ウエハホルダ
- 11a, 11b, 11c 駆動素子
- 12 結像特性制御部
- 18 ウエハ干渉計
- 19 ステージ制御系
- 20 主制御装置
- 22, 23, 24, 25 ウエハマーク
- 28 支持部材
- 100 走査型露光装置
- IL 照明光
- IAR 照明領域
- R レチクル
- IA 露光領域
- W ウエハ
- PL 投影光学系
- RST レチクルステージ
- WST ウエハステージ
- SA ショット領域

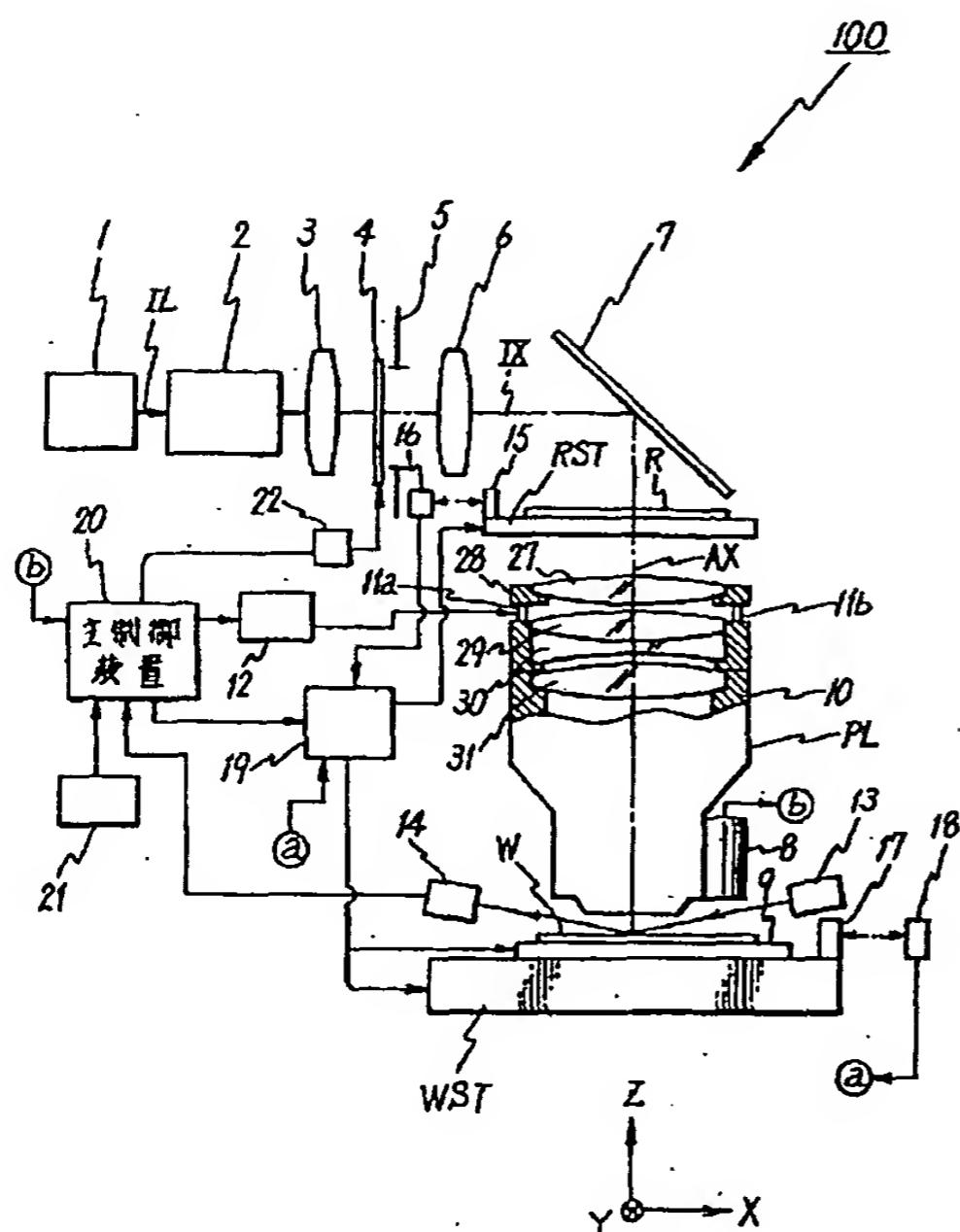
【図4】



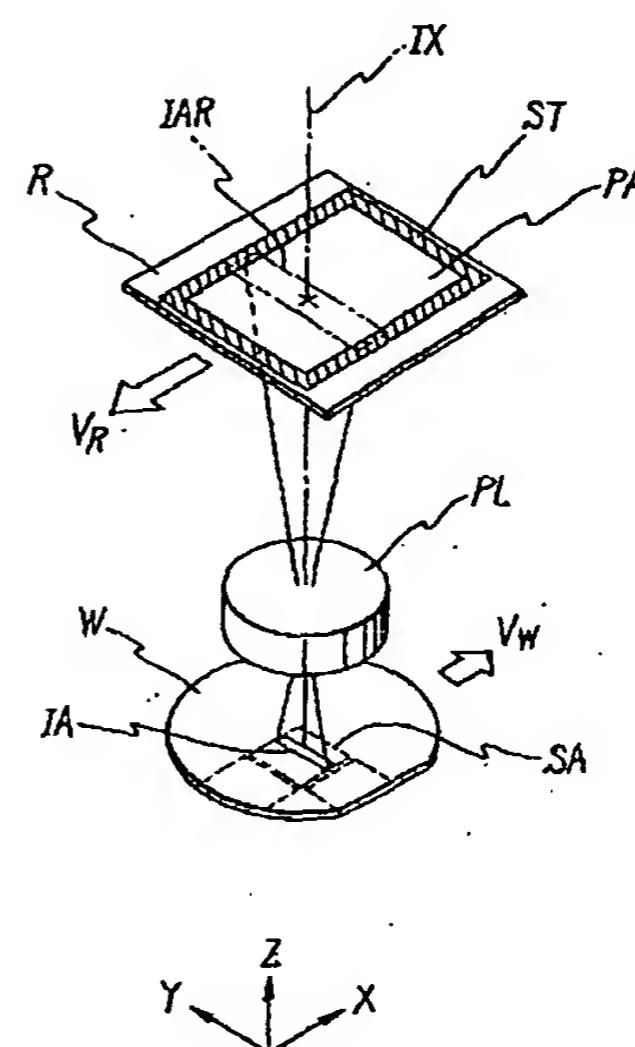
【図8】



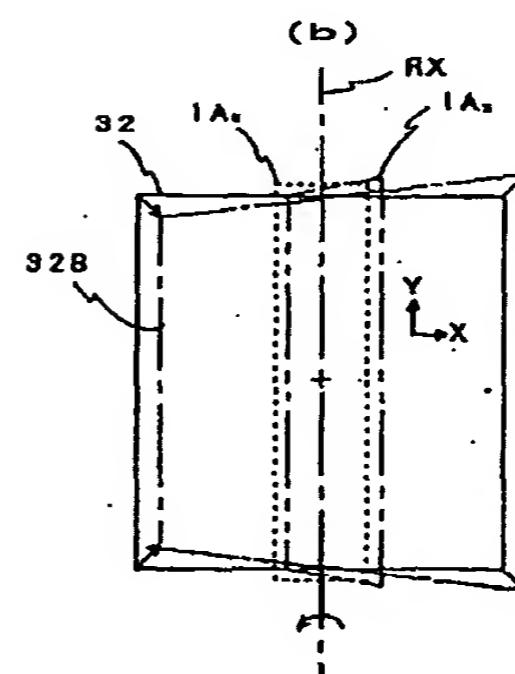
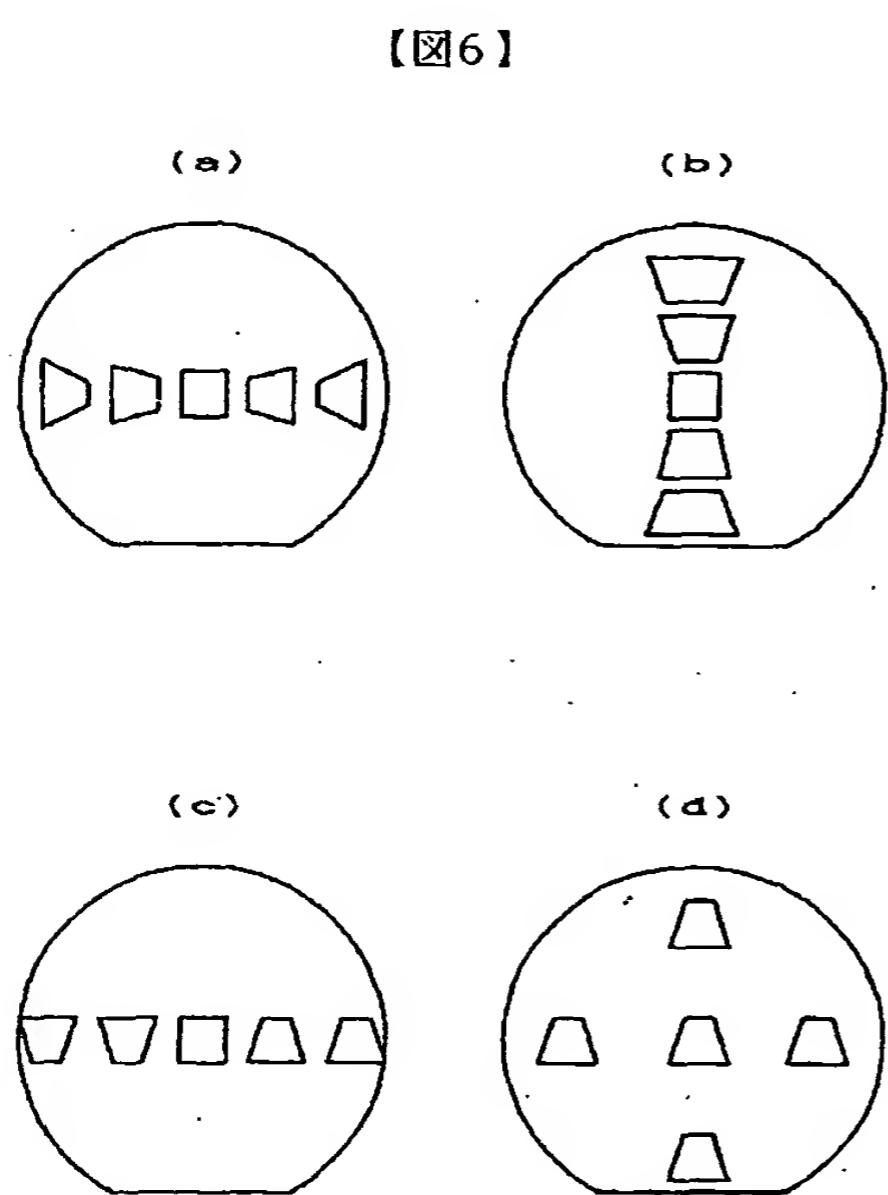
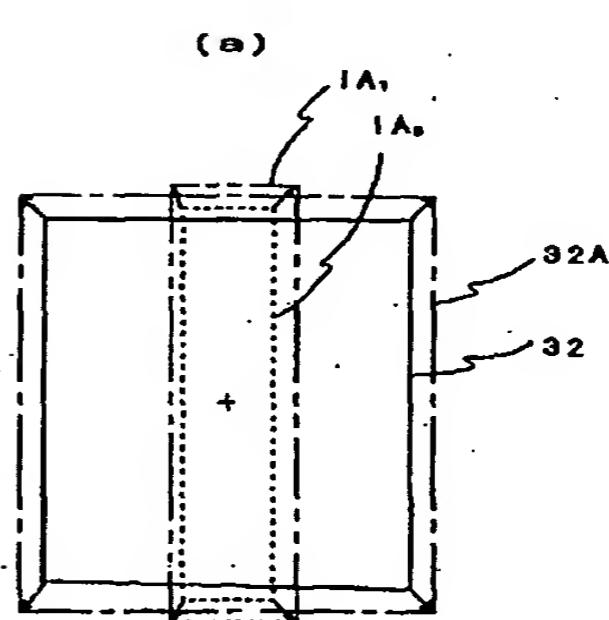
【図1】



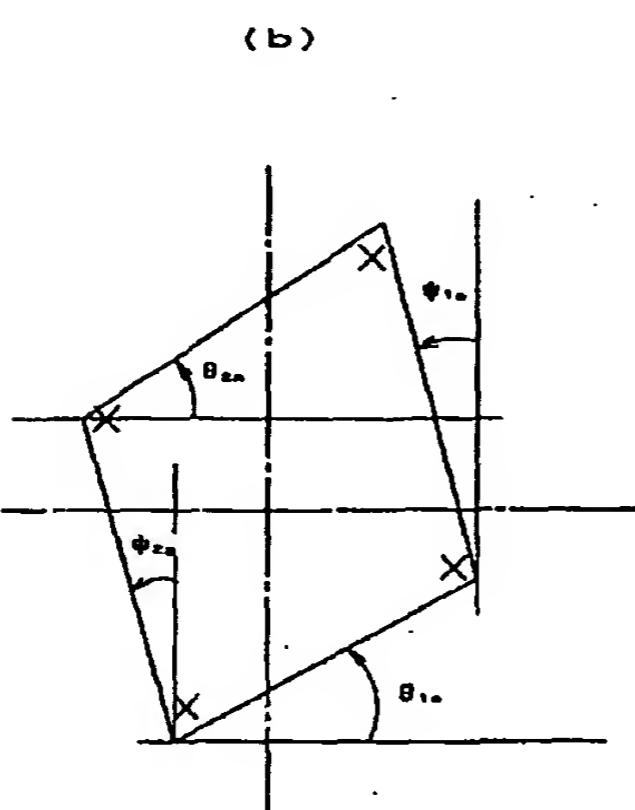
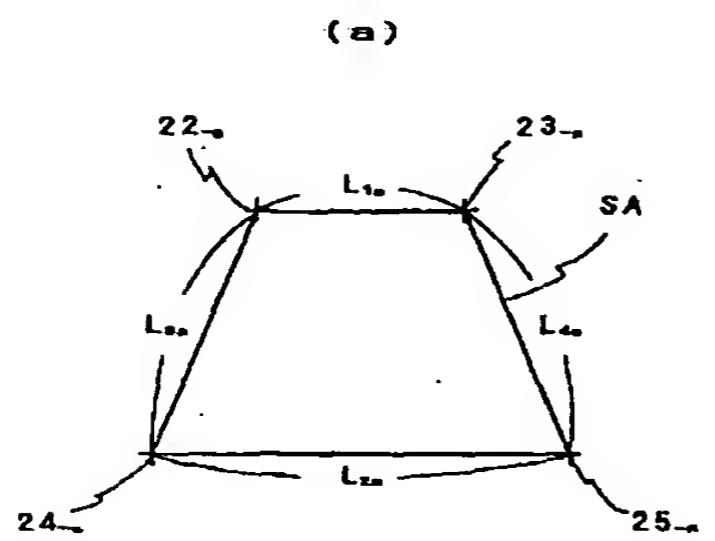
【図2】



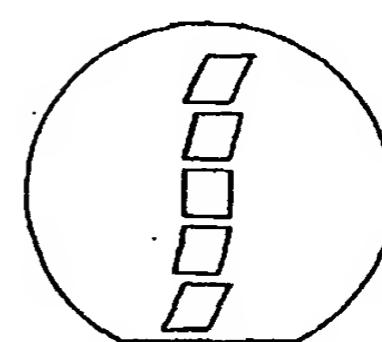
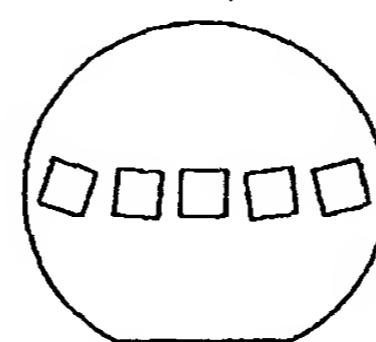
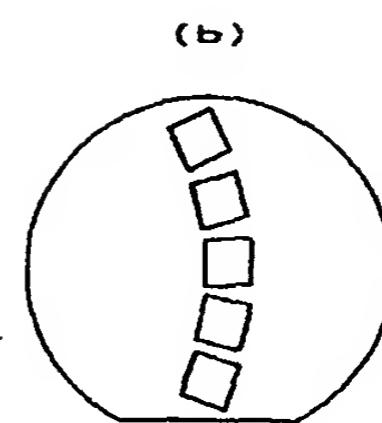
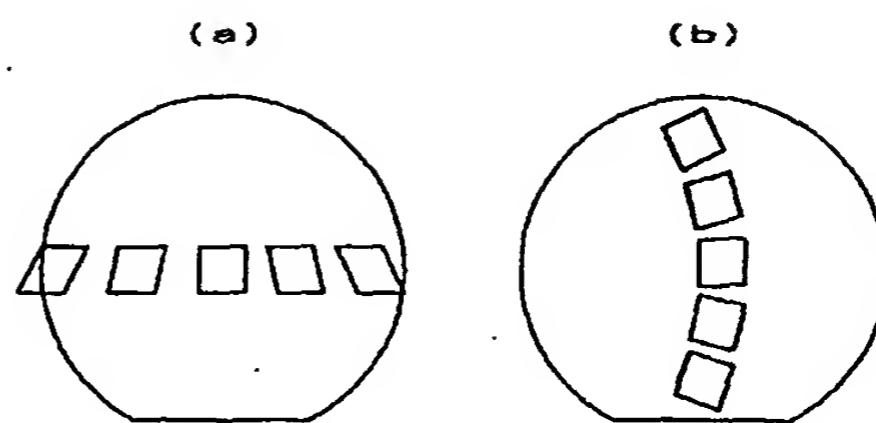
【図3】



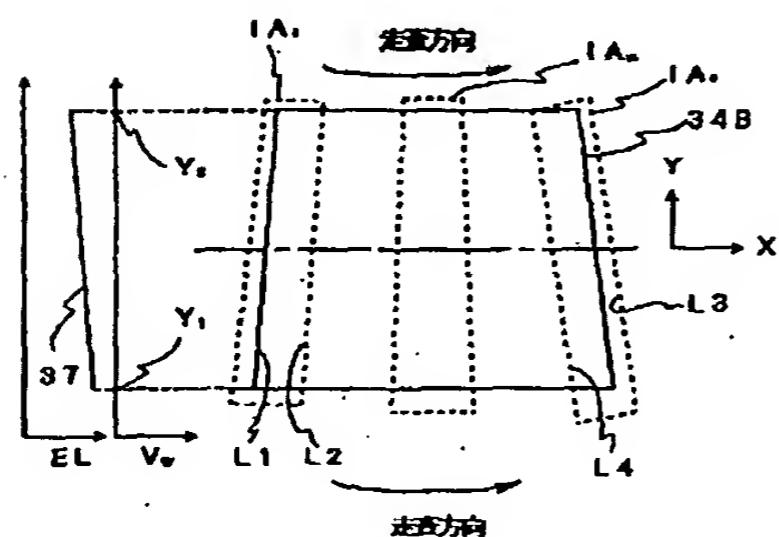
【図5】



【図7】



【図9】



【図10】

